

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

523170

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 4 月 1 日 (01.04.2004)

PCT

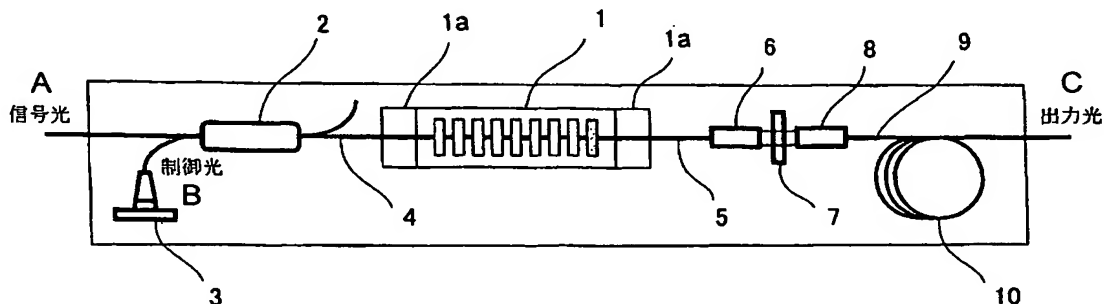
(10) 国際公開番号
WO 2004/027511 A1

- (51) 国際特許分類: G02F 1/37
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011883
- (22) 国際出願日: 2003 年 9 月 18 日 (18.09.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-276002 2002 年 9 月 20 日 (20.09.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人 物質・材料研究機構 (NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) [JP/JP]; 〒305-0044 茨城県つくば市千現一丁目2番1号 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 栗村 直 (KURIMURA, Sunao) [JP/JP]; 〒305-0044 茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人 物質・材料研究機構内 Ibaraki (JP). 原田 昌樹 (HARADA, Masaki) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 細江 利昭 (HOSOE, Toshiaki); 〒221-0822 神奈川県横浜市神奈川区西神奈川一丁目3番6号 コーポフジ 605 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (国内): US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION-USE WAVELENGTH CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 光通信用波長変換装置



A... SIGNAL LIGHT
B... CONTROL LIGHT
C... OUTPUT LIGHT

(57) Abstract: A signal light is multiplexed with a control light emitted from a laser diode (3) by means of a WDM coupler (2). An optical fiber (4) at one end of the WDM coupler is mode-matched with the optical waveguide of a dummy phase matching crystal (1) by a V-groove (1a). An output light produced by the difference frequency between the signal light and the control light is guided again from the dummy phase matching crystal (1) to an optical fiber (5) by the V-groove (1a), and is beamed into an optical filter (7) where the signal light and the control light are cut. An optical fiber (9) is connected with a fiber amplifier (10). When a dummy phase matching crystal is used as a wavelength conversion element, a small non-linear constant causes a wavelength conversion efficiency to lower as compared with the case of lithium niobate, and a fiber amplifier (10) is provided to compensate for this. Accordingly, an optical communication-use wavelength conversion device that is almost free from problems with optical damage, can be used over a wide range of temperature, and has a good bonding power with a quartz optical fiber can be produced.

(57) 要約: 信号光は、WDM結合器2によりレーザダイオード3から出射される制御光と合波される。WDM結合器の一端の光ファイバ4は、擬似位相整合水晶1の光導波路とV溝1aによりモードマッチされている。信号光と制御光の差周波発生により生じた出力光は、V溝1aにより再び擬似位相整合水晶1から光ファイバ5へと導波される。そして、光学フィルタ7に入射し、信号光と制御光がカットされる。光ファイバ9はファイバアンプ1

[続葉有]

WO 2004/027511 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

0につながっている。波長変換素子として擬似位相整合水晶を使用した場合、非線形定数が小さいことに起因して、ニオブ酸リチウムに比して波長変換効率が低くなる。これを補償するために、ファイバアンプ10を設けている。これにより、光損傷の問題が少なく、かつ広い範囲の温度で使用することができ、石英系光ファイバとの結合性も良い光通信用波長変換装置とすることができる。

明 細 書

光通信用波長変換装置

技術分野

本発明は、波長多重を利用した光通信システムにおいて用いられる光波長変換装置に関するものである。

5

背景技術

光通信分野では、増加する通信容量に対応するために、信号を複数の波長に載せて多重化する高密度波長多重通信（DWDM）が一般に行われている。これらの分野においては、ネットワークの各ノードでの限りある波長リソースを有効に活用するために、将来、ノード間で光波長変換を行うことが不可欠になってくる。また、波長多重通信は、従来Cバンドのみで行われてきたが、通信容量の増大により、それ以外の波長帯域を利用することが見込まれている。そのためネットワークの各ノード間でのバンド間波長変換の必要性が出てきている。

15 従来の波長変換技術においては、光信号を一旦電気信号に変換した後に波長変換を行い、その後再び光信号に戻すことを行っている。しかしながら、この方法には、変換速度が遅く、かつ波長ごとに変換デバイスが必要であるという問題点があり、集積性やコストの面で不利である。

これに対し近年、光から光へと直接波長変換できる光デバイスの研究
20 が盛んである。この方法は、光の位相情報を失わずに変換できることや、電気信号を介して波長変換を行うシステムに比べて、非常に高速な変換が可能で簡便なシステムを構成できるという点で非常に大きなメリットを有している。

現在、光直接変換の方法は複数提案されている。まず、化合物半導体アンプによる相互利得変調を用いた波長変換方法が考えられている。しかし、この方法では、波長変換帯域が半導体の利得範囲内のCバンド内部に限られており、バンド間波長変換ができないという問題がある。

- 5 また、光ファイバ中の非縮退四波光混合を用いた方法も提案されている。この方法によれば、利得媒質の3次非線形性を利用し、非縮退四波光混合により光通信波長帯での波長変換が可能である。しかしながら、この方法では、変換効率を向上させるため数十～数百メートルの光ファイバが必要である。このような長いファイバ中では、場所ごとに位相整合条件が異なる可能性が大きくなり、波長安定性という点で問題がある。
- 10 また、変換可能な波長幅はファイバの長さに反比例するため、変換帯域が限られるという問題点もある。

- さらに、擬似位相整合非線形光学素子を用いた方法が提案されている。擬似位相整合非線形光学素子による波長変換の利点は、広い波長帯域において無雑音で多波長一括の波長変換が可能なことである。そのため、
- 15 現時点においては、擬似位相整合非線形光学素子による光直接波長変換が、高密度波長多重通信（DWDM）における最も有力な方法と考えられている。

- 以下、擬似位相整合非線形光学素子について説明する。中心対称性のない2次の非線形光学媒体にレーザ光を入射することより第二次光高調波発生（second harmonic generation :SHG）、和周波発生（sum frequency generation :SFG）、差周波発生（difference frequency generation :DFG）など周波数の異なった光を発生させることができる。
- 20 以下、擬似位相整合非線形光学素子について説明する。中心対称性のない2次の非線形光学媒体にレーザ光を入射することより第二次光高調波発生（second harmonic generation :SHG）、和周波発生（sum frequency generation :SFG）、差周波発生（difference frequency generation :DFG）など周波数の異なった光を発生させることができる。

- ただし、実用に耐えうるような高効率の波長変換を可能にするには、
- 25 各波長の位相がある整合条件を満たしていることが必要である。整合条件を満たさせる方法として、結晶の複屈折を利用するものと、結晶の非

線形定数の符号を周期的に反転させるものがある。後者を擬似位相整合 (QPM: Quasi-Phase Matching) と呼ぶ。

ところで、差周波発生は、周波数 ω_1 、周波数 ω_2 の光を入射して、周波数 $\omega_3 (= \omega_1 - \omega_2)$ の差周波に変換するものである。非線形媒
5 質が周期 Λ の非線形定数反転構造を持つ場合においては、次式

$$\beta_1 - \beta_2 - \beta_3 - 2\pi m / \Lambda = 0$$

で定められる擬似位相整合条件を満たす必要がある。ここで m は奇整数、 β_1 、 β_2 は、それぞれ周波数 ω_1 及び ω_2 の光の非線形媒質中での伝
播定数、 β_3 は周波数 ω_3 の光の非線形媒質中での伝播定数である。

10 非線形定数を反転させる方法としては、自発分極を持つ強誘電体物質に高電界印加し、周期的な分極反転を形成させる方法が用いられてきた。そのような物質の代表例として、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) やタンタル酸リチウム (LiTaO_3) などが知られている。

この擬似位相整合非線形光学素子による差周波発生により、光通信に
15 おける波長変換が可能となる。例えば、C. Q. Xu et. al. "Wavelength conversions 1.5 μm by difference frequency generation in periodically domain inverted LiNbO_3 channel wave guides" Appl. Phys. Lett. Vol.63, (1993) pp. 1170-1172 の論文に示されるように、光通信で用いられている波長 1.5 μm 近辺での波長変換が行われている。ま
20 たさらには、バンド間光波長変換に関する研究も盛んである。

以下、差周波発生を利用した光通信における波長変換について述べる。
波長変換前の光の波長と周波数をそれぞれ λ_{in} 、 ω_{in} とする。波長
変換後の光の波長と周波数をそれぞれ λ_{out} 、 ω_{out} とする。また
差周波発生に必要なもう一つの光をポンプ光 (制御光) と呼び、その波
25 長と周波数をそれぞれ λ_{pump} 、 ω_{pump} とする。 $\omega_{out} = \omega_{pump} - \omega_{in}$ で位相整合条件が成り立つように周期 Λ の分極反転

構造を作り込んでおく。

例えばニオブ酸リチウムを用いて C-L バンド変換を行う場合、ポンプ光の波長 λ_{pump} を $\lambda_{pump} = 0.785 \mu m$ とすると $\lambda_{in} = 1.53 \sim 1.57 \mu m$ 、 $\lambda_{out} = 1.57 \sim 1.61 \mu m$ で周期 Λ は約 $19.5 \mu m$ となる。

- 5 差周波発生では図 1 に示すように横軸を波長、縦軸を光強度とした場合、変換前波長と変換後波長はポンプ光波長を軸として鏡像になる。すなわち、変換前波長が λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_N のとき、変換後の波長は、それぞれ λ_1' 、 λ_2' 、 \dots 、 λ_N' となり、変換前波長が λ_1' 、 λ_2' 、 \dots 、 λ_N' のとき、変換後の波長は、それぞれ λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_N となる。従
- 10 って波長変換前の信号同士が変換後に干渉しあうこともなく、無雑音で、多波長一括の波長変換が可能である。

- しかしながら、強誘電体結晶による擬似位相整合非線形光学素子には以下のような問題点がある。すなわち、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムでは、フォトリフラクティブ効果（光損傷）による屈折率変化
- 15 が問題となる。これは、結晶育成段階に混入した不純物からキャリアが励起されて拡散し、不均一な分布となる結果、内部電界が生じ、電気光学効果を通じて屈折率変化が生じるものである。このような光誘起屈折率変化は光損傷とも呼ばれ、擬似位相整合デバイスでは位相整合条件からのずれ、したがって変換効率の低下を生じさせるので、性能を制限す
- 20 る重要な要因となる。

- 光損傷を低減する方法として、結晶温度を $100^\circ C$ 以上に保つとよいことが知られている。このためにはペルチェ素子などで温度をコントロールする必要があるが、放熱のための装置が必要であり、かつ簡便なシステムが構成できないなど課題が多く、実用的な光デバイスに用いるには
- 25 適さない方法である。

これに対し、MgO ドープ結晶やストイキオメトリック（定比化学量論

組成)結晶等、比較的光損傷に強いとされる結晶が開発されつつあるが、品質や入手性、コスト、分極反転の困難さなどの点で課題があり、現在のところ実用上の問題を抱えている。

5 また、通常のニオブ酸リチウム等は、高周波電気信号フィルタ用として大量生産されているが、光学用として使用するには、より高品質な結晶(光学グレードの結晶)が必要である。この光学グレードの結晶は少量しか生産されておらず、コスト、入手性等の点に問題がある。

10 また、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムは、環境温度に対する条件が厳しいことも問題である。環境温度が変わると結晶の屈折率が変化し、その結果前記位相整合条件が成り立たなくなってしまう、波長変換効率が激減してしまう。例えばニオブ酸リチウムでは、数度程度の環境温度変化で位相整合条件からのずれが起きてしまう。よって、環境温度が変化しても、結晶の温度が数度以内に保たれるように温度コントロールする必要があり、システムの構成が複雑となってしまう。

15 また、これらの素子は、石英系光ファイバとの結合性にも問題を有する。現在、光通信においては光を導波させる媒体として石英系光ファイバが広く用いられている。また、前記ニオブ酸リチウムなどの分極反転素子においては、強い光閉じ込めによる波長変換効率増大を目的として、プロトン交換法などによる光導波路構造が作製され用いられる。この場合、光導波路のモード直径は約 $4\ \mu\text{m}$ であり、それに対して石英系ファイバのモード直径は約 $10\ \mu\text{m}$ 程度である。このため両光モードを完全に一致させることは不可能で、光導波路と光ファイバを結合させる際に、約 2 dB の結合損失が必ず生じてしまう。

25 本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、光損傷の問題が少なく、かつ広い範囲の温度で使用することができ、石英系光ファイバとの結合性も良い光通信用波長変換装置を提供することを目的とする。

発明の開示

前記目的を達成するための第 1 の発明は、波長多重を利用した光通信システムに用いられる波長変換装置であって、2 次の非線形効果を持つ
5 擬似位相整合水晶と、信号光と制御光とを混合して前記擬似位相整合水晶に入力する光結合装置と有することを特徴とする光通信用波長変換装置である。

本発明においては、信号光と制御光（ポンプ光）が混合されて擬似位相整合水晶に入り、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムを波長変換
10 素子として用いた場合と同じ原理により、波長変換された光が擬似位相整合水晶から出力される。

本発明においては、波長変換用素子として、非線形効果を持つ擬似位相整合水晶を使用する。擬似位相整合水晶は既に公知のものであり、栗村直、応用物理学会誌 2000 年 5 月号には、常誘電体である水晶（ SiO_2 ）の $\alpha - \beta$ 相転移温度付近で応力を印加することにより周期的な双晶構造を作り込み、自発分極の周期的な反転構造を実現させるという、従来とはまったく別な製造方法が記載されている。これは、水晶のドフイーネ双晶を利用し、非線形光学定数 d_{11} の符号を周期的に反転させることにより水晶による擬似位相整合結晶を作製する方法である。

20 ポンプ光の波長 λ_{pump} を $\lambda_{\text{pump}} = 0.785 \mu\text{m}$ とすると $\lambda_{\text{in}} = 1.53 \sim 1.57 \mu\text{m}$ 、 $\lambda_{\text{out}} = 1.57 \sim 1.61 \mu\text{m}$ の C-L バンド間波長変換を行う場合の水晶双晶構造の周期は約 $70 \mu\text{m}$ である。

水晶は化学的、機械的に安定な結晶であり、かつ水熱合成法による大量生産が可能となっており、入手がし易くコストが低い結晶である。さら
25 らに、光学用途、例えば波長板や光学ローパスフィルタなどに広く使われており、品質の高いものが大量生産されている。また強いレーザ光入

射に対しても、損傷しきい値が光学結晶の中で非常に高い（約 $400\text{GW}/\text{cm}^2$ ）。さらに潮解性がなく、長期に渡って用いることができる結晶である。

加えて、前記ニオブ酸リチウムなどの強誘電体結晶にあるフォトリフ
5 ラクティブ効果による光損傷が、水晶にはない。従って、従来の擬似位相整合ができる結晶の問題点である、屈折率変化による変換効率の低下や位相整合波長のずれなどが克服できる。

また、水晶は、前記、栗村直、応用物理学会誌 2000 年 5 月号に記載
10 されているように、使用温度条件の許容幅が非常に広いという特色がある。例えば、C-Lバンド間波長変換では、長さ 1 cm の素子で 187°C であり、従来のニオブ酸リチウムの約 12°C に比べてはるかに広い。このため、変化する環境温度に対して温度を一定に保つような温度調整機構が全く不要となり、光通信用デバイスとしては非常に実用的なシステムを構成することができる。

15 さらに、石英と水晶の屈折率は非常に近く、そのため擬似位相整合水晶を導波路化した場合、石英系光導波路と同様のモード直径になることが予想される。現在の石英系光導波路と石英系光ファイバとの結合効率は、0.5 dB 程度であり、擬似位相整合水晶を光導波路化した場合でも同様の結合効率となる。

20 以上のように、本発明においては、擬似位相整合水晶を波長変換素子として使用しているので、従来のニオブ酸リチウムの欠点を克服した光通信用波長変換装置とすることができる。

前記目的を達成するための第 2 の発明は、前記第 1 の発明であって、
前記擬似位相整合水晶からの出力光を増幅するファイバアンプを有する
25 ことを特徴とするものである。

水晶の非線形定数 d は、 $d_{11} = 0.3\text{pm/V}$ であり、ニオブ酸リチウム

の非線形定数 $d_{33} = 27 \text{ pm/V}$ に比べて小さい。さらに、波長変換効率
は非線形定数の自乗に比例する。従って、同じ結晶長の場合、擬似位相
整合ニオブ酸リチウムに比べて、39 dB ほど変換効率が低くなる。本
発明においては、擬似位相整合水晶からの出力光を増幅するファイバア
5 ンプを有するので、この変換効率の低さを補うことができる。ファイバ
アンプは、利得が30～40 dB ほどあり、広く光通信に用いられてい
るデバイスであって、低ノイズの増幅が可能なものである。ファイバア
ンプは1段ではなく2段構成としてもよい。

前記目的を達成するための第3の発明は、前記第1の発明又は第2の
10 発明であって、前記擬似位相整合水晶の出射側に、光変換されずに残留
する前記信号光と前記制御光をカットする光学フィルタを有することを
特徴とするものである。

波長変換素子での波長変換効率は100%ではないので、出力される光
には、未変換の信号光と制御光が含まれる。本発明においては、光学フ
15 ィルタによりこれらの未変換の信号光と制御光をカットできる。

前記目的を達成するための第4の発明は、前記第1の発明から第3の
発明のいずれかであって、前記擬似位相整合水晶の前後に、ファイバコ
リメータを有することを特徴とするものである。

擬似位相整合水晶には、その前後に光導波路が形成されたものがあり、
20 このようなものについては、光ファイバからの光は、V溝によりモード
マッチングされる。しかし、このような光導波路が形成されていない擬
似位相整合水晶を使用する場合には、擬似位相整合水晶中で光が拡散す
ると、変換効率が低下する。本発明においては、擬似位相整合水晶の前
後に、ファイバコリメータを設けることにより、擬似位相整合水晶に入
25 力する光を平行光として波長変換を行わせ、擬似位相整合水晶から発生
する光を、光ファイバ中に集光させて光ファイバで受光する。このよう

にして、擬似位相整合水晶中で光が拡散することを防止し、高い変換効率で波長変換を行うことができる。

前記目的を達成するための第 5 の発明は、前記第 1 の発明から第 4 の発明のいずれかであって、前記擬似位相整合水晶に入力される光の偏光方向を制御する発明を有することを特徴とするものである。

擬似位相整合水晶においては d_{11} という非線形定数を用いるため、偏光依存性が生じる。一方、光ファイバ中の信号光は一般にランダムな楕円偏光となっている。そのため擬似位相整合水晶に入射するときの偏光状態によって波長変換効率が変わってしまうという問題が生じる。

10 本発明においては、擬似位相整合水晶に入力される光の偏光方向を制御する発明を有するので、この制御発明により、光の偏光方向を擬似位相整合水晶の波長変換に好ましい方向とし、波長変換効率を上げることができる。

15 図面の簡単な説明

図 1 は、擬似位相整合波長変換素子による差周波発生を説明する図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態である WDM 用波長変換器を示す概略構成図である。

20 図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態である WDM 用波長変換器を示す概略構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態の例を、図を用いて説明する。

25 [第 1 の実施の形態]

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態である WDM 用波長変換器を示す概

略構成図である。図 2 において擬似位相整合水晶 1 には、光導波路構造が作製されており、その前後には V 溝 1 a が形成されている。以下、C-L バンド波長変換を行う場合を例として説明する。この場合、制御光の波長 $\lambda_{p u m p}$ を $\lambda_{p u m p} = 0.785 \mu m$ とすると信号光 $\lambda_{i n} =$
5 1.53~1.57 μm 、出力光 $\lambda_{o u t} = 1.57 \sim 1.61 \mu m$ となる。また、信号光と出力光の波長帯域はこの逆でもよい。

図 2 において、シングルモード光ファイバにて導波された信号光は、WDM 結合器 2 によりレーザダイオード 3 から出射される制御光と合波される。WDM 結合器の一端の光ファイバ 4 は、擬似位相整合水晶 1 の
10 光導波路と V 溝 1 a によりモードマッチされている。この場合の結合損失は、前記のように 0.5dB と推測される。

信号光と制御光の差周波発生により生じた出力光は、V 溝 1 a により再び擬似位相整合水晶 1 から光ファイバ 5 へと導波される。その光ファイバ 5 の他端にはファイバコリメータ 6 が設けられており、光ファイバ
15 5 からの光は、平行光に変換されて光学フィルタ 7 に入射される。この光学フィルタ 7 の役割は、波長変換されずに残った信号光と制御光をカットし、出力光のみを透過させることである。出力光はファイバコリメータ 8 により集光されて光ファイバ 9 に入力される。

光ファイバ 9 はファイバアンプ 10 につながっている。前述のように、
20 波長変換素子として擬似位相整合水晶を使用した場合、非線形定数が小さいことに起因して、ニオブ酸リチウムに比して波長変換効率が低くなる。これを補償するために、本実施の形態においては、ファイバアンプ 10 を設けている。波長変換された光は、ファイバアンプ 10 で光増幅され、出力光として出力される。

25 [第 2 の実施の形態]

図 3 は、本発明の第 2 の実施形態である WDM 用波長変換器を示す概

略構成図である。第 1 の実施の形態と同様に、C-L バンド波長変換を行う場合を例として説明する。図 3 において、図 2 に示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付してその説明を省略することがある。

この実施の形態の基本的な動作は、第 1 の実施の形態と異なるところ
5 はない。ただし、図 3 において擬似位相整合水晶 1 には、光導波路構造が形成されていない。したがって、本実施例においては、ファイバコリメータ 11 により、信号光と制御光を平行光として擬似位相整合水晶 1 に入射させて差周波発生を行い、その結果発生した出力光を、ファイバコリメータ 12 で光ファイバ 6 中に集光させる。その他の構成は、図 2
10 に示した第 1 の実施の形態と同じである。

[第 3 の実施の形態]

以下、本発明第 3 の実施の形態について説明する。この実施の形態においては、光通信用波長変換装置本体部は、図 2、図 3 に示したものと
15 同じであるが、その前に、擬似位相整合水晶 1 に入力される信号光の偏光方向を制御する手段を有することが異なっている。

擬似位相整合水晶 1 においては d_{11} という非線形定数を用いるため、偏光依存性が生じる。一方、光ファイバ中の信号光は一般にランダムな楕円偏光となっている。そのため擬似位相整合水晶に入射するときの偏光状態によって変換効率が変わってしまうという問題が生じる。

20 本実施の形態においては、信号光を直線偏光に変換する機構を設けてこの問題を解決する。一般に 4 分の 1 波長板、2 分の 1 波長板を組み合わせ回転させると、楕円偏光を任意の偏光方向を持った直線偏光に変換することができる。本実施の形態においては、信号光が WDM 結合器に入射する前にこのような機構を光路中に挿入することにより、波長変換
25 効率の偏光無依存化を実現することができる。

また、文献 C. Q. Xu, H. Okayama and T. Kamijoh: Opt. Rev. 4,

(1997) pp. 546 に記載されているように、偏光ビームスプリッタと波長板を組み合わせた偏光無依存化方法を用いてもよい。あるいは、特許開平 10-68976 号公報に記載されているように、光デバイスに波長板を埋め込むことによる偏光無依存化方法を用いてもよい。

請 求 の 範 囲

1. 波長多重を利用した光通信システムに用いられる波長変換装置であって、2次の非線形効果を持つ擬似位相整合水晶と、信号光と制御光とを混合して前記擬似位相整合水晶に入力する光結合装置と有することを特徴とする光通信用波長変換装置。
2. 請求の範囲第1項に記載の光通信用波長変換装置であって、前記擬似位相整合水晶からの出力光を増幅するファイバアンプを有することを特徴とする光通信用波長変換装置。
3. 請求の範囲第1項又は第2項に記載の光通信用波長変換装置であって、前記擬似位相整合水晶の出射側に、光変換されずに残留する前記信号光と前記制御光をカットする光学フィルタを有することを特徴とする光通信用波長変換装置。
4. 請求の範囲第1項から第3項のうちいずれか1項に記載の光通信用波長変換装置であって、前記擬似位相整合水晶の前後に、ファイバコリメータを有することを特徴とする光通信用波長変換装置。
5. 請求の範囲第1項から第4項のうちいずれか1項に記載の光通信用波長変換装置であって、前記擬似位相整合水晶に入力される光の偏光方向を制御する手段を有することを特徴とする光通信用波長変換装置。

1/3

図 1

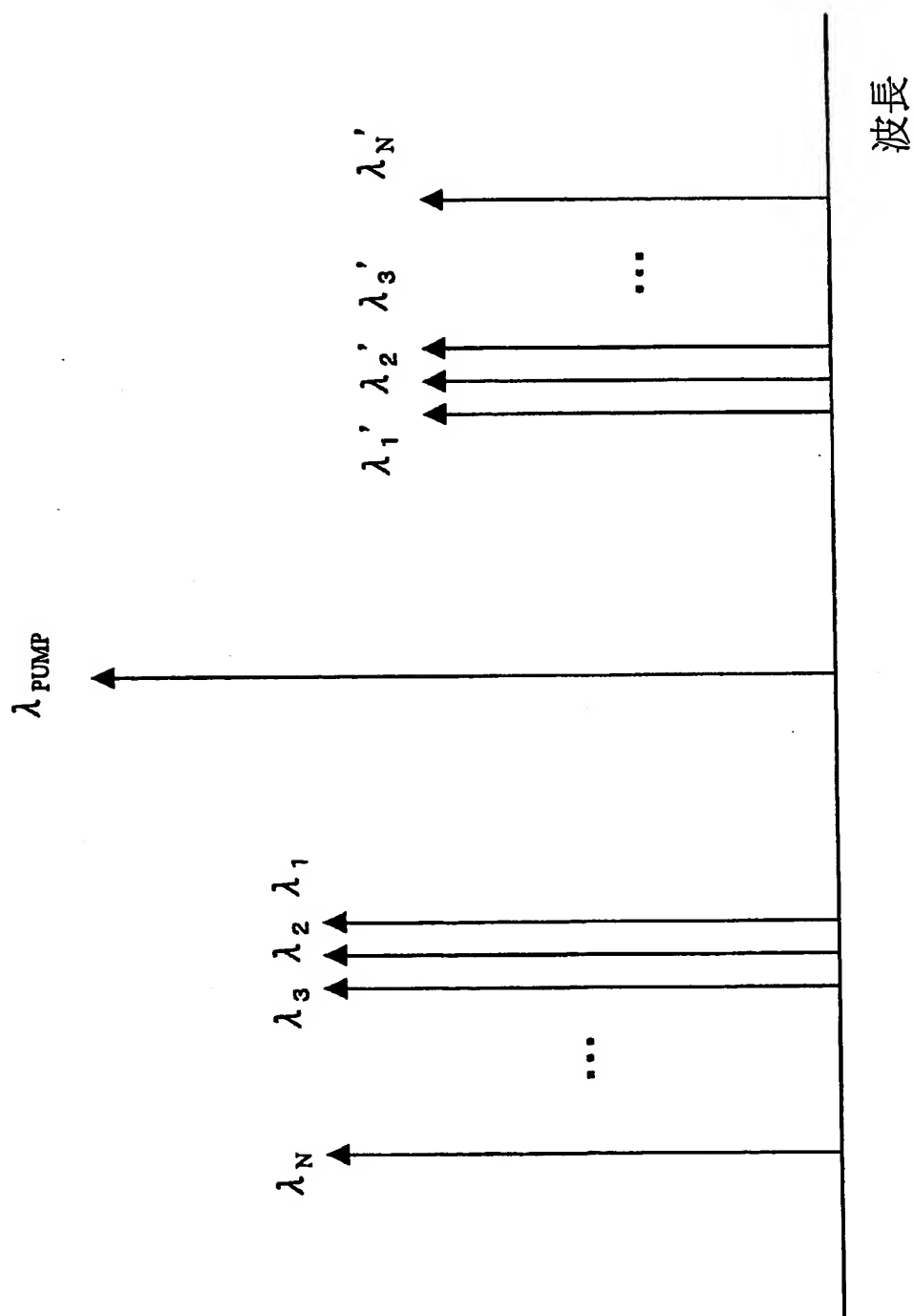


図 2

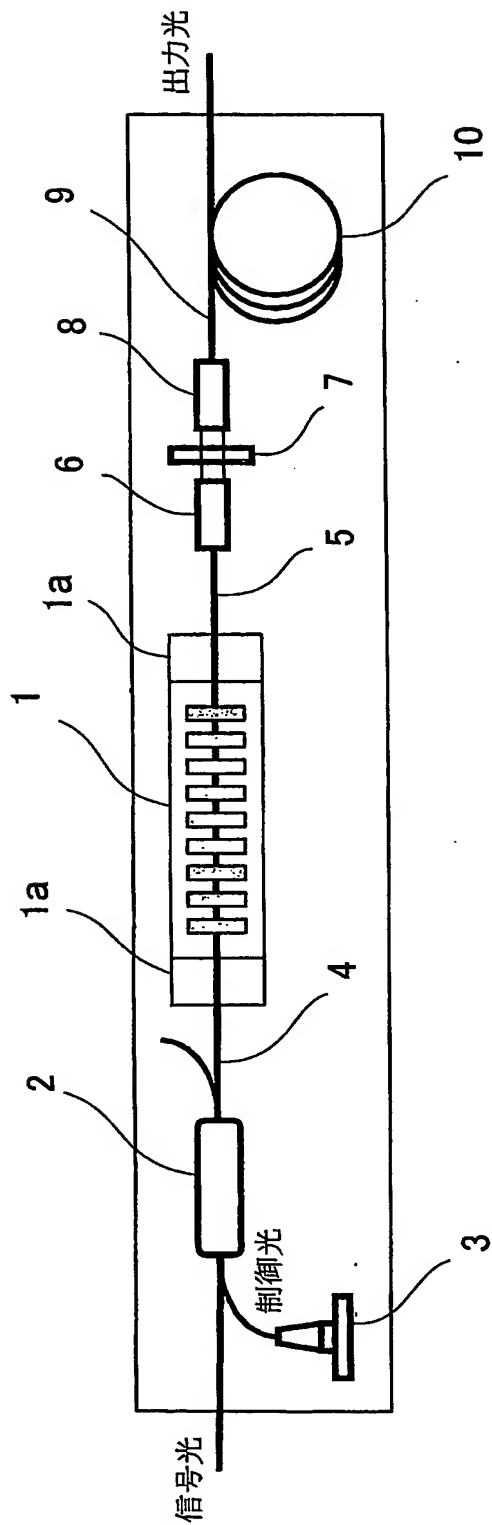
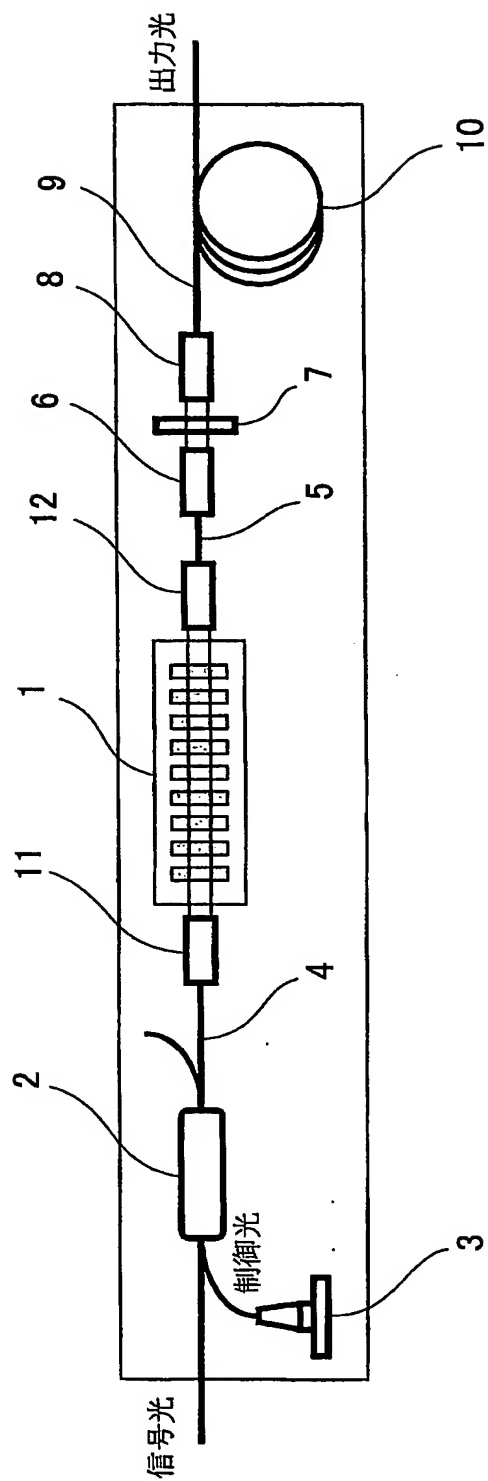


図 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11883

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02F1/37

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02F1/37

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST, INSPEC, USPTO, Web Patent Database

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Tadashi KURIMURA et al., "Shigai Hacho Henkan o Mezashita Giji Iso Seigo Suisho", Oyo butsuri, Vol.69, No.5, 2000, pages 548 to 552	1-5
A	JP 11-212128 A (Mitsubishi Materials Corp.), 06 August, 1999 (06.08.99), (Family: none)	1-5
A	JP 2002-122898 A (Nikon Corp.), 26 April, 2002 (26.04.02), (Family: none)	1-5
Y	JP 10-068976 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 10 March, 1998 (10.03.98), (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 14 November, 2003 (14.11.03)

Date of mailing of the international search report
 02 December, 2003 (02.12.03)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02F1/37

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02F1/37

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICST
 INSPEC
 USPTO Web Patent Database

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	栗村 直他, 紫外波長変換をめざした擬似位相整合水晶, 応用物理, Vol. 69, No. 5, 2000, p. 548-552	1-5
A	JP 11-212128 A(三菱マテリアル株式会社)1999.08.06 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2002-122898 A(株式会社ニコン)2002.04.26(ファミリーなし)	1-5
Y	JP 10-068976 A(日本電信電話株式会社)1998.03.10 (ファミリーなし)	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14.11.03

国際調査報告の発送日

02.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐藤 宙子

2X

9316

電話番号 03-3581-1101 内線 3293